



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 05 750 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 02 B 6/12**  
G 02 B 6/28  
H 04 J 14/02

②1 Aktenzeichen: P 42 05 750.7  
②2 Anmeldetag: 25. 2. 92  
④3 Offenlegungstag: 26. 8. 93

DE 42 05 750 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Schimpe, Robert, Dr., 8012 Ottobrunn, DE

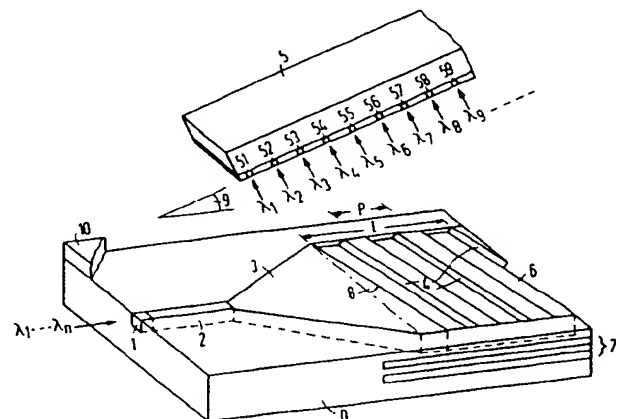
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 39 18 726 C1  
DE 39 04 752 A1  
US 49 17 450  
SU 12 11 683

DE-Z: MAHLEIN, Hans F.: Optische Nachrichten-  
übertragung im Wellenlängenmultiplex. In:  
Elektronik 12/18.6.1982, S.80-86;

⑤4 Optischer Demultiplexer

⑤7 Optischer Demultiplexer, bei dem die Strahlung aus einem Wellenleiter (1) mittels eines Gitters (6) oder einer reflektierenden Grenzfläche aus der Schichtebene des Wellenleiters reflektiert wird und durch die wellenlängenabhängige Beugung des Gitters (6) bzw. durch optische Filter bestimmte Wellenlängen selektiert und durch einen oder mehrere Detektoren (5, 51, 52, ...) erfaßt werden.



DE 42 05 750 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 05. 93 308 034/414

Die vorliegende Erfindung betrifft einen optischen Demultiplexer zur Nutzung der großen optischen Bandbreite von Glasfaserwellenleitern, insbesondere für optische Informationsübertragung.

In C. Cremer: "Integriert-optischer Spektrograph für WDM Komponenten" in ITG Fachbericht 112. Heterostruktur-Bauelemente, 1990, zitiert in N.K. Cheung c. a.: "Latest Advances in Dense WDM Technology" in IEEE J. Selected Areas in Communication 8, 1214—1215 (1990) ist ein Spektrograph zum Demultiplexen von schmalen Frequenzbändern im Bereich von 1200 nm bis 1600 nm angegeben. Bei diesen Spektrographen auf InGaAsP/InP-Material wird die von einem Wellenleiter ankommende Strahlung an einem senkrecht dazu angeordneten Gitter reflektiert, wobei die verschiedenen Wellenlängen in verschiedene Richtungen reflektiert werden und in separat dafür vorgesehene Wellenleiter eingekoppelt werden können. Dieser integriert-optische Spektrograph in Form eines Gittermonochromators weist relativ hohe Einfügedämpfung auf, nicht zuletzt wegen der technologisch schwer vermeidbaren Flankenneigung bei der Herstellung des Gitters. In S. Ura e. a.: "An Integrated-Optic Disk Pickup Device" in J. Lightwave Techn. LT-4, 913—917 (1986) und S. Ura e. a.: "Focusing Grating Couplers for Polarization Detection" in J. Lightwave Techn. 6, 1028—1033 (1988) sind integrierte Anordnungen beschrieben, bei denen ein Wellenleiter und daran anschließend in der Wellenleiterebene ein Gitter integriert sind, so daß durch das Gitter eine Ablenkung des Strahlenganges aus der Richtung des Wellenleiters bewirkt wird. In der zuerst genannten Veröffentlichung ist dabei eine Ablenkung der Strahlung aus dem Wellenleiter in eine außerhalb der Wellenleiterebene liegende Richtung bewirkt. In der zweiten genannten Veröffentlichung wird schräg auf das Gitter auftreffende Strahlung in den Wellenleiter abgelenkt, um die Polarisationsrichtung dieser Strahlung feststellen zu können.

In B. Stegmüller e. a.: "Surface Emitting InGaAlAs/InP Distributed Feedback Laser Diode at 1.53  $\mu\text{m}$  with Monolithic Integrated Microlens" in IEEE Photonics Techn. Lett. 3, 776—778 (1991), N. Yasuoka e. a.: "High-Speed Monolithic Coherent Optical Receiver Integrated on InP Substrate" in Electron. Lett. 27, 2020—2022 (1991) und H.P. Lee e. a.: "1.5  $\mu\text{m}$  InGaAsP/InP vertically coupled semiconductor optical preamplifier" in Appl. Phys. Lett. 59, 1141—1143 (1991) sind integrierte Anordnungen beschrieben, bei denen Strahlung mittels eines Spiegels oder einer reflektierenden Endfläche aus einer Schichtebene parallel zur Substratoberfläche reflektiert und durch das Substrat hindurch ausgekoppelt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen optischen Demultiplexer anzugeben, der einfach herstellbar ist und mit dem eine Vielzahl eng beieinander liegender Kanäle im Bereich der für Halbleiteroptoelektronik maßgeblichen Wellenlängen selektiert werden kann.

Diese Aufgabe wird mit dem Demultiplexer mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Der erfindungsgemäße Demultiplexer reflektiert die Strahlung aus der Ebene des Wellenleiters, mit dem die Strahlung dem Demultiplexer zugeführt wird. Gleichzeitig mit dieser Reflexion sind Mittel vorgesehen, die jeweils eine Wellenlänge, die mit einem speziell dafür

vorgesehenen Detektor erfaßt werden soll, herausfiltern. Diese Anordnung ist einfach herstellbar, weil die für die Detektion vorgesehenen Komponenten außerhalb der Schichtebene des Wellenleiters angeordnet werden können.

Es folgt eine Beschreibung des erfindungsgemäßen Demultiplexers anhand der Fig. 1 und 2.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Demultiplexers in einer perspektivischen Aufsicht, in der die oberste Schicht partiell abgetragen ist.

Fig. 2 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Demultiplexers in einem Längsschnitt.

In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem in einem Substrat 0 integriert ein Wellenleiter 1 mit einem sich daran anschließenden Taper 3 dargestellt sind. Der Taper 3 weitet den Wellenleiter in lateraler und gegebenenfalls vertikaler Richtung auf. An den Taper 3 schließt sich ein Gitter 6 an. Dieses Gitter wird durch Grenzflächen 4 (Ätzflanken), die in das Material der Schichtebene des Wellenleiters 1 geätzt sind, gebildet. Zur zweckmäßigen Nutzung des Demultiplexers ist am Ende des Wellenleiters 1 vor Eintritt des Lichtes in den Taper 3 ein Verstärker 2 angeordnet. Dieser optische (Halbleiter)-Verstärker dient dem Ausgleich von optischen Verlusten vor und in dem Multiplexer. Unterhalb des Gitters 6, des zum Ablenken der Strahlung aus der Ebene des Wellenleiters 1 dient, ist gegebenenfalls ein Vertikalreflektor 7 aus epitaktisch gewachsenen Halbleiterschichten zur Erhöhung der Effizienz der Anordnung vorhanden.

Dieses Gitter 6 strahlt die auftreffenden Wellenlängen in verschiedene, im wesentlichen vertikale Richtungen ab. Ein Detektor 5, der als Array eine Vielzahl von Einzeldetektoren 51, 52, ... enthält, ist in der Abstrahlrichtung des Gitters angeordnet. Die Anordnung ist dabei so getroffen, daß den ersten Einzeldetektor 51 Strahlung mit der ersten zu detektierenden Wellenlänge erreicht. Die weiteren Einzeldetektoren 52, 53, ... detektieren entsprechend die von dem Gitter in verschiedene Reflexionsrichtungen aufgespaltenen Wellenlängen. Falls die Abstände der Einzeldetektoren in dem Detektorarray 5 bedingt durch die Möglichkeiten der technischen Herstellung nicht ausreichend klein gemacht werden können, kann das Detektorarray 5 gegenüber der Schichtebene von Wellenleiter 1 und Gitter 6 um einen Winkel 9 um eine quer zur Längsrichtung des Wellenleiters 1 verlaufende Achse gekippt sein. Der Wellenleiter 1 kann nach oben durch eine Mantelschicht 10 abgedeckt sein. Im Materialsystem InP ist diese Mantelschicht z. B. p-dotiertes InP, das Substrat 0 n-dotiertes InP und der Wellenleiter 1 bzw. der Taper 3 InGaAsP der Wellenlänge 1,05  $\mu\text{m}$ . Der Verstärker 2 ist vorteilhaft quaternäres Material mit 1,55  $\mu\text{m}$  Wellenlänge der Bandkante.

Zur Vermeidung von Rückreflexionen der Strahlung in den Verstärker 2 sind erfindungsgemäß verschiedene Maßnahmen ergriffen. Zum einen ist die Gitterperiode P so gewählt, daß die Richtung der Abstrahlung etwas von der Senkrechten zur Schichtebene des Wellenleiters 1 abweicht. In der Veröffentlichung D. Mehuys et al.: Analysis of detuned second-order grating output couplers with an integrated superlattice reflector, IEEE Photon. Technol. Lett. 3, 342—344 (1991) ist ein Auskoppelgitter für Wellenleiter beschrieben, das so gegenüber der auszukoppelnden Wellenlänge verstimmt ist, daß die Strahlung in eine von der Senkrechten auf die Gitterebene abweichende Richtung ausgekoppelt wird.

Zum anderen wird Rückreflexion vermieden, wenn das Gitter um den Winkel 8 in der Horizontalen gedreht wird. Die Gitterlinien sind dann nicht senkrecht zur Längsrichtung des Wellenleiters 1.

Ein erfindungsgemäßer Demultiplexer kann auf dem InP-Materialsystem oder auf dem Silizium-Materialsystem (Wellenleiter mit Siliziumoxidkern oder Siliziumnitridkern) aufgebaut sein. Ebenso ist es möglich, andere transparente Materialien zu verwenden.

Die Selektivität zwischen benachbarten optischen Kanälen, d. h. benachbarten verwendeten Wellenlängen, kann durch folgende Maßnahmen erhöht werden: Die Gitterperiode P wird so festgelegt, daß das Gitter 6 für die abzustrahlenden Wellenlängen ein Gitter höherer Ordnung, z. B. vierter Ordnung anstatt zweiter Ordnung bei der Wellenlänge der optischen Kanäle (typisch 1550 nm) ist. Die Länge L des Gitters 6 bzw. die von der Strahlung durchlaufene Länge des Gitters wird relativ groß (z. B. 1 mm) gewählt, so daß die Strahlung einer Wellenlänge durch das Gitter in einen möglichst kleinen Raumwinkel reflektiert wird.

Fig. 2 zeigt eine alternative Ausführungsform des erfindungsgemäßen Demultiplexers im Längsschnitt. An den Wellenleiter 1 schließt sich der Verstärker 2 und daran der Taper 3 zum Aufweiten des Strahlenganges an. Im Anschluß an den Taper ist eine quer zur Strahlrichtung liegende und gegenüber der Schichtebene des Wellenleiters geneigte Grenzfläche 4 angeordnet. Diese Grenzfläche 4 reflektiert die Strahlung aus der Schichtebene des Wellenleiters z. B. senkrecht durch das Substrat 0. In Fig. 2 ist auf der Rückseite des Substrates 0 eine Linse 13 in einer Aussparung 14 zur Bündelung der Strahlung vorgesehen. Das Substrat 0 ist auf einem Subsubstrat 12 oder Träger aus z. B. Silizium montiert. Auf der dem Substrat 0 gegenüberliegenden Seite des Subsubstrates 12 befindet sich ein optischer Filter 11, der die zu detektierende Wellenlänge oder ein darum befindliches schmales Frequenzband ausfiltert. Der darauf folgende Detektor 50 detektiert diese Wellenlänge. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist vorteilhaft ausgenutzt die Ablenkung der Strahlung durch eine in diesem Beispiel um 45° geneigte Oberfläche des Halbleitermaterials. Eine solche Grenzfläche 4 kann einfach hergestellt werden (s. z. B. deutsche Patentanmeldung DE 41 28 602).

Wenn der in Fig. 2 eingezeichnete Winkel 16 der Grenzfläche 4 z. B. 54° beträgt, was der Richtung einer Kristallebene entspricht, kann die Unterseite, d. h. die dem Subsubstrat 12 zugewandte Seite des Substrates 0 abgeschrägt sein um den eingezeichneten Winkel 17. Das Substrat 0 kann z. B. keilförmig angeschliffen sein. Die Grenzfläche zwischen dem Substrat 0 und dem Subsubstrat 12 ist entsprechend diesem Winkel 17 geneigt, so daß die an der Grenzfläche 4 reflektierte Strahlung senkrecht auf das Filter 11 auftrifft. D. h., daß das Licht ohne Reflexionsverluste zum Detektor 50 gelangt.

Zur Erhöhung der Selektivität des Filters 11 kann dieser Filter eine Schicht mit hohem Brechungsindex enthalten, um die Verbreiterung der Bandbreite dieses Filters aufgrund einer trotz Taper 3 und Linse 13 vorhandenen Strahldivergenz gering zu halten. Das Filter kann auch elektronisch abstimmbaar ausgeführt sein, z. B. mit Hilfe von Flüssigkristallen. Die Ausführungsform der Fig. 2 ist besonders zur Detektion optischer Signale mit einer Datenrate oberhalb 2,5 Gbit/s geeignet, bei der Avalanche-Fotodetektoren nur noch eingeschränkt nutzbar sind. Oberhalb des Verstärkers ist ein der Stromzuführung dienender Kontakt 15 eingezeichnet.

net.

#### Patentansprüche

1. Optischer Demultiplexer aus Halbleitermaterial, bei dem ein streifenförmiger Wellenleiter (1), ein darin angeordneter Verstärker (2) und ein sich an den Wellenleiter (1) anschließender Taper (3) vorhanden sind, bei dem anschließend an diesen Taper (3) in einer den Wellenleiter (1) enthaltenden Schichtebene Mittel vorgesehen sind, die aus dem Wellenleiter (1) kommende Strahlung in einen oder mehrere zu der Schichtebene des Wellenleiters (1) vertikal angeordnete Detektoren (5, 50) reflektieren und bei dem auch Mittel vorgesehen sind, die schmale Frequenzbänder aus einer breitbandigen Strahlung filtern.
2. Demultiplexer nach Anspruch 1, bei dem die reflektierenden Mittel ein in dem Wellenleiter (1) ausgebildetes Gitter (6) sind und die filternden Mittel in einer räumlichen Anordnung und Begrenzung der Detektoren (5) bestehen, die entsprechend der von der Wellenlänge abhängenden Beugung durch dieses Gitter (6) vorgenommen sind.
3. Demultiplexer nach Anspruch 2, bei dem das Gitter (6) eine Periode aufweist, die eine Abstrahlung in Richtungen außerhalb der Senkrechten auf die Schichtebene des Wellenleiters (1) bewirkt.
4. Demultiplexer nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die Gitterlinien in der Schichtebene des Wellenleiters (1), aber nicht senkrecht zur Längsrichtung des Wellenleiters (1) verlaufen.
5. Demultiplexer nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem die Detektoren (5) ein Detektorarray von längs einer Geraden, die in der von der Längsrichtung des Wellenleiters (1) und der senkrechten auf die Schichtebene des Wellenleiters (1) festgelegten Ebene liegt und nicht parallel zu der Schichtebene des Wellenleiters (1) verläuft, jeweils in der Ausbreitungsrichtung von zu detektierender reflektierter Strahlung der jeweiligen Wellenlänge angeordneten Einzeldetektoren (51, 52, ..., 59) ist.
6. Demultiplexer nach Anspruch 1, bei dem die reflektierenden Mittel eine quer zur Längsrichtung des Wellenleiters (1) und dazu geneigt angeordnete reflektierende Grenzfläche (4) sind und die filternden Mittel ein in der Richtung, in die die Grenzfläche (4) aus dem Wellenleiter (1) darauf auftreffende Strahlung reflektiert, angeordnetes optisches Filter, das nur für ein schmales Frequenzband durchlässig ist, sind.
7. Demultiplexer nach Anspruch 1, bei dem die reflektierenden Mittel eine quer zur Längsrichtung des Wellenleiters (1) und dazu geneigt angeordnete reflektierende Grenzfläche (4) sind und die filternden Mittel durch einen nur auf Strahlung aus einem schmalen Frequenzband ansprechenden Detektor (50) gegeben sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK**

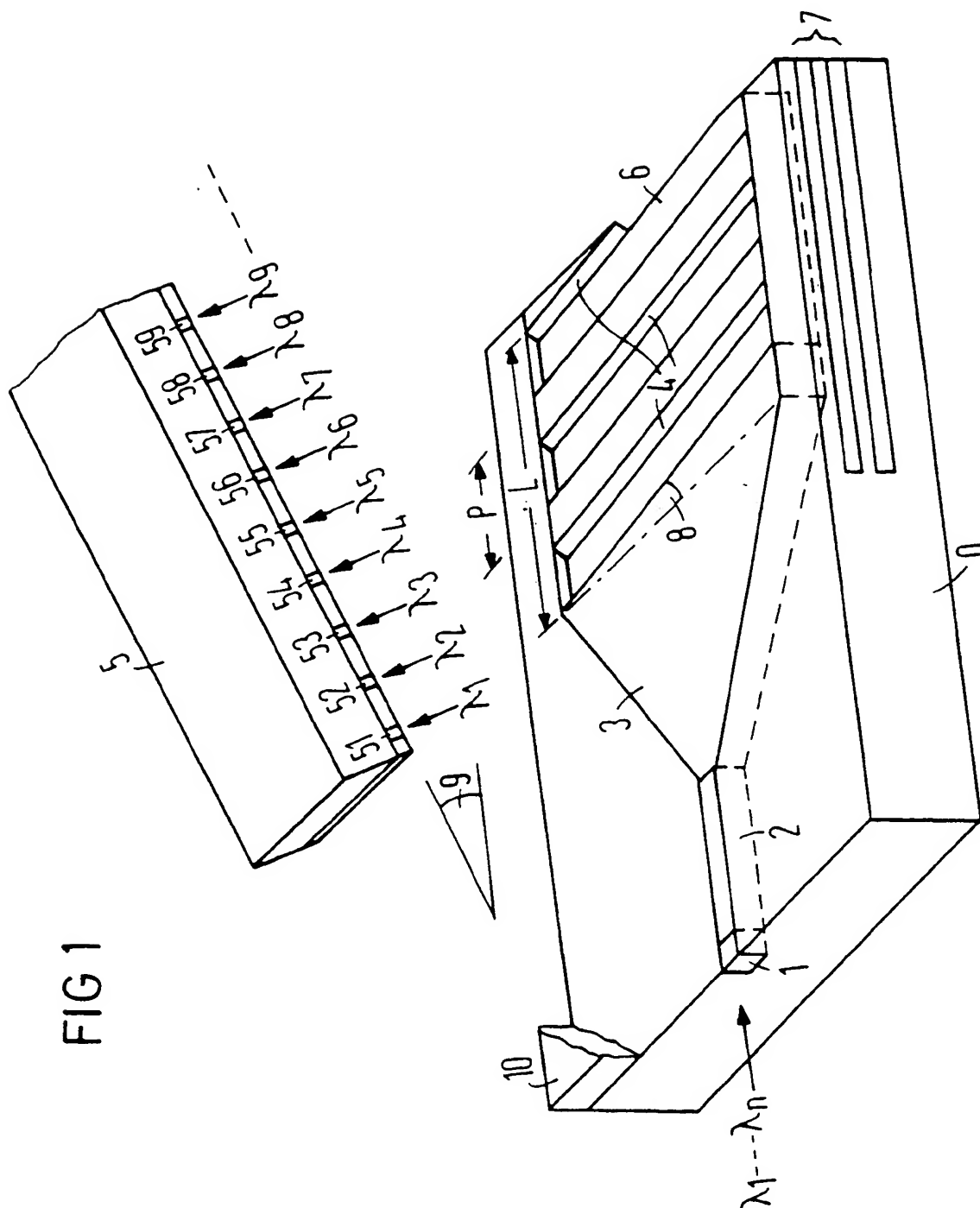


FIG 1

FIG 2

